

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-239952

**(43)Date of publication of application : 04.09.2001**

(51)Int.Cl.

B62D 6/00  
B62D 5/04  
H02P 5/00  
H02P 7/00  
// B62D101:00  
B62D119:00

(21)Application number : 2000-055339

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 01.03.2000

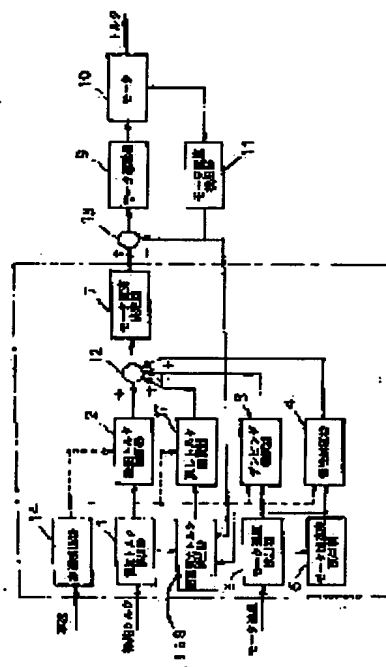
(72)Inventor : KURISHIGE MASAHIKO  
INOUE TOMOYUKI  
SATAKE TOSHIHIDE  
KIFUKU TAKAYUKI  
WADA SHUNICHI

## (54) MOTOR-DRIVEN POWER STEERING CONTROL DEVICE AND CONTROL METHOD THEREFOR

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve a problem of imparting a sense of incompatibility to a driver by preventing a frequency component of high steering wheel operation force from appearing as abnormally large steering wheel return force in this operation of obtaining road surface reaction torque by passing this through primary filters by subtracting motor inertia torque from a value obtained by adding steering wheel steering torque and motor torque in a conventional power steering control device.

**SOLUTION:** A road surface reaction torque detecting means 115S is arranged for obtaining the road surface reaction torque by passing this through the two-series two-stage primary filters 100, 101 by subtracting the motor inertia torque from the value obtained by adding the steering wheel steering torque and the motor torque. In this operation, an inertia term of the steering wheel operation force loses dependency on a frequency, and a high frequency component does not appear as the abnormally large steering wheel return force, so that the sense of incompatibility is not imparted to the driver.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

**[Date of final disposal for application]**

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-239952

(P2001-239952A)

(43)公開日 平成13年9月4日(2001.9.4)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコト <sup>*</sup> (参考)
B 6 2 D 6/00		B 6 2 D 6/00	3 D 0 3 2
5/04		5/04	3 D 0 3 3
H 0 2 P 5/00		H 0 2 P 5/00	P 5 H 5 5 0
7/00		7/00	C 5 H 5 7 0
// B 6 2 D 101:00		B 6 2 D 101:00	

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-55339(P2000-55339)

(22)出願日 平成12年3月1日(2000.3.1)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 栗重 正彦

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 井上 知之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74)代理人 100073759

弁理士 大岩 増雄

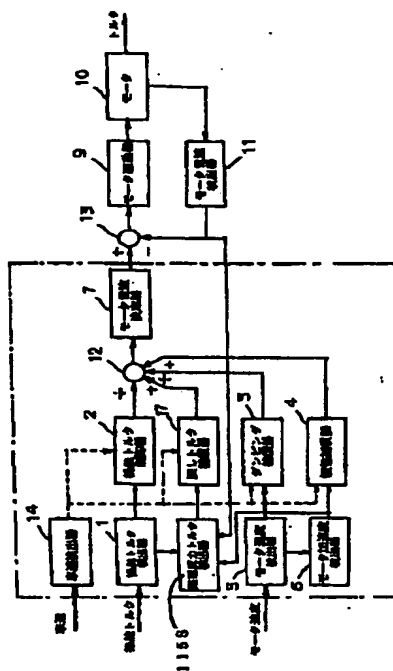
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動パワーステアリング制御装置及びその制御方法

(57)【要約】

【課題】 従来のパワーステアリング制御装置は、ハンドル操舵トルクとモータトルクとを加算した値からモータ慣性トルクを減算し、これを1次フィルタを通すことによって路面反力トルクを得ていた。この演算の場合、ハンドル操作力の高い周波数の成分のものは、異常に大きいハンドル戻し力となって表れ、運転者に違和感を与えるという問題があった。

【解決手段】 ハンドル操舵トルクとモータトルクとを加算した値からモータ慣性トルクを減算し、これを2直列した2段の1次フィルタ100、101を通すことによって路面反力トルクを得る路面反力トルク検出手段115Sを設ける。この演算の場合、ハンドル操作力の慣性項は周波数依存性がなくなり、高い周波数の成分のものが異常に大きいハンドル戻し力となって表れると言うことがなくなり、運転者に違和感を与えない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転者のハンドル操作により生ずる操舵トルクを補助するトルクを発生する電動モータと、前記操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、前記電動モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、前記操舵トルクと前記モータ電流から演算されるステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通すことによって路面反力トルク検出値を得る第1の路面反力トルク検出手段とを備えたことを特徴とする電動パワーステアリング制御装置。

【請求項2】 運転者のハンドル操作により生ずる操舵トルクを補助するトルクを発生する電動モータと、前記操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、前記電動モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、

前記電動モータの回転加速度を検出するモータ加速度検出手段と、

前記操舵トルクと、前記モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、前記回転加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る第2の路面反力トルク検出手段とを備えたことを特徴とする電動パワーステアリング制御装置。

【請求項3】 操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、モータの回転加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタを備えたことを特徴とする請求項2に記載の電動パワーステアリング制御装置。

【請求項4】 複数の1次ローパスフィルタの内、少なくとも1つはその時定数が0.05Hz以上、1Hz以下であり、他の少なくとも1つはその時定数が1Hz以上、3Hz以下であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の電動パワーステアリング制御装置。

【請求項5】 運転者のハンドル操作により生ずる操舵トルクを補助するトルクを発生する電動モータと、前記操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、前記電動モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、前記操舵トルクに前記モータ電流から演算されるステアリング軸換算のモータトルクを加算し、この加算値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタを有するとともに、前記加算値を1次ローパスフィルタを通すことによって路面反力トルク検出値を得る第3の路面反力トルク検出手段とを備えたことを特徴とする電動パワーステアリング制御装置。

【請求項6】 運転者のハンドル操作により生ずる操舵トルクを補助するトルクを発生する電動モータと、前記操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、前記電動モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、

前記電動モータの回転加速度を検出するモータ加速度検出手段と、

前記操舵トルクと、前記モータ電流から演算したステアリング軸換算の前記モータトルクとを加算したものの

から、前記回転加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタを有するとともに、この値を1次ローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る第4の路面反力トルク検出手段とを備えたことを特徴とする電動パワーステアリング制御装置。

【請求項7】 ハンドル操作により発生する操舵トルクを検出する手順と、

前記操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータの電流を検出する手順と、

前記電動モータの回転加速度を検出する手順と、

前記操舵トルクと、前記モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算したもののから、前記回転加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る路面反力トルク検出手順とを含むことを特徴とする電動パワーステアリング制御装置の制御方法。

【請求項8】 ハンドル操作により発生する操舵トルクを検出する手順と、

前記操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータの電流を検出する手順と、

前記電動モータの回転加速度を検出する手順と、

前記操舵トルクと、前記モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算したもののから、前記回転加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限する制限手順と、この値をローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る路面反力トルク検出手順とを含むことを特徴とする電動パワーステアリング制御装置の制御方法。

【請求項9】 操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタを備えたことを特徴とする請求項1に記載の電動パワーステアリング制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、運転者のハンドル操作により発生した操舵トルクを補助するトルクを電動

モータにより発生させる電動パワーステアリング制御装置の改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】運転者のハンドル操作を、他の動力源（例えば油圧ポンプや電動モータ）の駆動力で補助することにより、運転者の操作必要力を軽減し、ハンドル操作を容易にする装置としてパワーステアリング制御装置がある。以下の説明では、上記の他の駆動源として電動モータを用いたものを、他と区別するため電動パワーステアリング制御装置という。

【0003】従来の電動パワーステアリング制御装置の構成例として、本願出願人による先の出願、特願平12-016026号に記載しているものの構成を図10に示す。同図において、10は図示しないステアリング装置を駆動する電動モータ（以下単にモータという）である。1は図示しない運転者のハンドル操作によって生じる操舵トルクを検出して操舵トルク信号を出力する操舵トルク検出器（操舵トルク検出手段という）、2は操舵トルク信号に基づいて操舵補助トルク信号を演算する操舵トルク制御器（操舵アシスト制御手段という）、17は路面反力トルク検出器15の出力である路面反力トルク信号に基づいてハンドルを原点に復帰させる方向にモータ10のトルクを発生させるためのハンドル戻し補助トルク信号を出力する戻しトルク補償器、5はモータ速度検出器、3はモータ速度信号を受けてそのダンピングを補償するダンピング補償器、4は慣性補償器、6はモータ加速度検出器、7はモータ電流決定器、9はモータ\*

$$T'_{\dots\dots\dots} = T_{\dots\dots\dots} + K_t \cdot I_{\dots\dots\dots} - J \cdot d\omega \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $K_t$  : モータのトルク定数（ステアリング軸換算）

$J$  : ステアリング機構の慣性モーメント

である。次に、ステップS306において、路面反力ト\*

$$dT_{\dots\dots\dots} / dt = -T_{\dots\dots\dots} / T_1 + T'_{\dots\dots\dots} / T_1 \dots\dots (2)$$

ここで、 $T_1$  は(2)式の1次フィルタの時定数で、折点周波数  $f_c = 1 / (2\pi \cdot T_1)$  が0.05~1.0 Hzの間になるように定める。

【0007】次に、ステップS307~S308では、操舵トルク制御器2において、操舵トルク信号を位相補償器に通して位相補償し、この位相補償された操舵トルク信号に対してマップ演算し、操舵補助トルク信号を求めてメモリに記憶する。ステップS309では、戻しトルク補償器17にて上記路面反力トルク信号  $T_{\dots\dots\dots}$  に対してマップ演算によりハンドル戻し補助トルク信号を求め、これをメモリに記憶する。ステップS310では、ダンピング補償器3によりモータ速度信号に比例ゲインを乗じてダンピング補償信号を求めメモリに記憶する。ステップS311では、慣性補償器4によりモータ加速度信号に比例ゲインを乗じて慣性補償信号を求めメモリに記憶する。

★

$$J \cdot d\omega / dt = T_{\dots\dots\dots} + T_{\dots\dots\dots} - T_{\dots\dots\dots} - T_{\dots\dots\dots} \dots\dots (3)$$

\* 駆動器、11はモータ電流検出器、12は第1の加算器、13は第2の加算器、14は車速検出器である。

【0004】また、15Sはローパスフィルタを備え、操舵トルク検出器1の出力である操舵トルク信号とモータ加速度検出器6の出力であるモータ加速度信号と、モータ電流検出器11の出力するモータ電流値とからマイコンのS/W上で路面反力トルク信号を演算して出力する路面反力トルク検出器である。なお、路面反力トルク検出器15Sの演算処理説明図を図12に示し、その演算の詳細については後述する。

【0005】従来の電動パワーステアリング制御装置の動作について、図11のフローチャートに基づき説明する。まず、ステップS301で、操舵トルク検出器1で検出された操舵トルク信号を読み込みメモリに記憶する。次に、ステップS302で、モータ速度検出器5にて検出されたモータ速度信号を読み込みメモリに記憶する。ステップS303では、モータ加速度検出器6において、モータ速度信号を微分演算してモータ加速度信号を得るとともにメモリに記憶し、ステップS304では、モータ電流信号を読み込みメモリに記憶する。

【0006】次に、ステップS305~S306では、路面反力トルク検出器15Sにおいて下記の演算を行い、路面反力トルク信号を求める。まず、ステップS305で、操舵トルク信号  $T_{\dots\dots\dots}$  と、ステアリング軸回転加速度に相当するモータ加速度信号  $d\omega$  と、モータ電流信号  $I_{\dots\dots\dots}$  とを用いて、下記の式(1)により、定常反力信号  $T'_{\dots\dots\dots}$  を得る。

※ ルク検出器15Sに設けられたローパスフィルタにより、下記の式(2)に示すような1次フィルタ演算を行って路面反力トルク信号  $T_{\dots\dots\dots}$  を得るとともに、この路面反力トルク信号  $T_{\dots\dots\dots}$  をメモリに記憶する。

★【0008】次に、ステップS312に進み、第1の加算器12によりステップS308~S311で求められた操舵補助トルク信号、ハンドル戻し補助トルク信号、ダンピング補償信号及び慣性補償信号を加算して目標トルクを求め、これをメモリに記憶する。ステップS313で、モータ電流決定器7によりステップS312で求めた目標トルクにゲインを乗じて目標電流を求めてメモリに記憶する。なお、この時のゲインは、モータ10のステアリング軸換算でのトルク定数の逆数としておく。以上に説明したステップS301~S313を繰り返す。

【0009】次に、上記式(1)及び式(2)により路面反力トルクの検出が可能となる理由について説明する。ステアリング機構の運動方程式は、下記の式(3)で表される。

ここで  $d\omega_s/dt$  : ステアリング軸回転加速度  
 $T_{hd}$  : 操舵トルク  
 $T_{mr}$  : モータ出力トルク (ステアリング軸換算)  
 $T_{fric}$  : ステアリング機構内の摩擦トルク \*

$$T_{fric} = T_{hd} + T_{mr} - J \cdot d\omega_s/dt - T_{fric} \dots \dots (4)$$

したがって、操舵トルク、モータ出力トルク、ステアリング軸回転加速度、ステアリング機構内の摩擦トルクの各値を用いることにより、路面反力トルク  $T_{fric}$  を求めることができる。操舵トルク  $T_{hd}$  としては操舵トルク信号  $T_{hd}$  を使用することができ、モータ出力トルク  $T_{mr}$  としてはモータ電流信号  $I_{mr}$  にトルク定数  $K_t$  を乗じた値を使用することができる。また、ステアリング軸回転加速度 ( $d\omega_s/dt$ ) としてはモータ加速度信号  $d\omega$  を使用することができる。したがって、ステアリング機構内の摩擦トルク  $T_{fric}$  の影響を除いた路面反力トルクは、上記式 (1) で検出可能である。

【0010】一方、摩擦トルク  $T_{fric}$  は、ステアリング機構の回転速度に対してリレーとして作用する。また、リレーは制御工学上、等価線形化法により、等価的にゲインと位相で表すことができることは広く知られている。したがって、上記式 (1) で検出された定常反力信号  $T_{fric}$  のゲインと位相とを、上記式 (2) の1次フィルタにより調整することにより、路面反力トルク信号  $T_{fric}$  を得ることができる。すなわち、ゲインと位相とを調整する最も一般的な方法として図12のように1次フィルタ (ローパスフィルタ) が用いられる。1次フィルタでゲインと位相を調整可能なのは、折点周波数以上の周波数領域であり、調整したい周波数の0.5~1倍の範囲に折点周波数を設定すれば、ゲインはおおよそ1~0.5倍、位相はおおよそ0~20degの範囲で調整可能であり、摩擦トルクの影響は大抵の場合キャンセルすることができる。自動車において一般的に行われる操舵周波数は、0.1~1Hz程度の範囲であり、折点周波数を上記操舵周波数の0.5~1倍、すなわち概ね0.05Hzから1Hzの範囲に設定しておけば摩擦トルクの影響のキャンセルが可能となる。なお、具体的な折点周波数は、検出された路面反力トルク信号に基づく制御を最も効かせたい操舵周波数を狙って設定される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】従来のパワーステアリング装置は、以上に説明したように、モータの慣性に相当する項 ( $J \cdot d\omega_s/dt$ ) の影響は、周波数の2乗に比例して影響が大きくなるのに対し、路面反力トルク検出器のローパスフィルタは1次フィルタが使用されているため、(式5)に示すように結果的にハンドルを操作する操作力の周波数成分に比例してモータの慣性の影響が大きくなる。

$$J \cdot f^2 / (T_s \cdot f + 1) \approx J \cdot f / T_s \dots (5)$$

そのため、ステアリング軸回転加速度 ( $d\omega_s/dt$ )

\*  $T_{fric}$  : 路面反力トルク (ステアリング軸換算)  
 である。上記式 (3) を路面反力トルク  $T_{fric}$  について解くと、以下の式 (4) のようになる。

の検出誤差や、ステアリング機構の慣性モーメント

( $J$ ) の見積り誤差にともなうモータの慣性に相当する項の誤差は、結果的にハンドル操作周波数に比例して大きくなる。その結果、高い周波数の成分を多く含むような周期の早いハンドル操作 (以下高周波操舵という) で操舵した時に、モータが不自然なハンドル戻しトルクを発生して、ハンドルが異常に重くなる等の問題があった。

【0012】本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、高い周波数の操作で操舵を行った際にも不自然なハンドル戻しトルクが発生してハンドルが重くなったりすることのないパワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明による電動パワーステアリング制御装置は、運転者のハンドル操作による操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータと、操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、操舵トルクと、モータ電流から演算されるステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る第1の路面反力トルク検出手段とを備えたものである。

【0014】また、操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータと、操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、電動モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、電動モータの回転角加速度を検出するモータ回転角加速度検出手段と、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、回転角加速度検出手段の出力から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る第2の路面反力トルク検出手段とを備えたものである。

【0015】また、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、回転角加速度検出手段の出力から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタを備えたものである。

【0016】また、複数の1次ローパスフィルタの内、少なくとも1つはその時定数が0.05Hz以上、1Hz以下であり、他の少なくとも1つはその時定数が1Hz以上、3Hz以下であるものである。

【0017】また、操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータと、操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、操舵トルクとモータ電流から演算されるステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタと、この値をローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る第3の路面反力トルク検出手段とを備えたものである。

【0018】また、操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータと、操舵トルクを検出する操舵トルク検出手段と、電動モータに流れる電流を検出するモータ電流検出手段と、電動モータの回転角加速度を検出するモータ回転角加速度検出手段と、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算の前記電動モータのモータトルクとを加算した値から、回転角加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタと、この値をローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る第4の路面反力トルク検出手段とを備えたものである。

【0019】この発明による電動パワーステアリング制御装置の制御方法は、ハンドル操作により発生する操舵トルクを検出する手順と、操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータの電流を検出する手順と、電動モータの回転角加速度を検出する手順と、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、回転角加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続した1次ローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る路面反力トルク検出手順とを含むものである。

【0020】また、ハンドル操作により発生する操舵トルクを検出する手順と、操舵トルクを補助するトルクを発生させる電動モータの電流を検出する手順と、電動モータの回転角加速度を検出する手順と、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、回転角加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限する\*40

$$dT''_{1, \dots, \dots} / dt = -T''_{1, \dots, \dots} / T_1 + T'_{1, \dots, \dots} / T_1 \dots (6)$$

ここで  $T''_{1, \dots, \dots}$  : 中間状態量

である。一方、第2の1次ローパスフィルタ101は、式(7)に示すものであり、時定数 $T_2$ を、折点周\*

$$dT_{1, \dots, \dots} / dt = -T_{1, \dots, \dots} / T_2 + T'_{1, \dots, \dots} / T_2 \dots (7)$$

これ以外の動作は従来と同じである。

【0024】従来の技術で説明したように、慣性項( $J \cdot f^2$ )は、周波数 $f$ の2乗に比例して影響が大きくなるのに対し、図12で示した従来のローパスフィルタは1次フィルタであるため、式(5)に示したように、結

\*制限手順と、前記値をローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る路面反力トルク検出手順とを含むものである。

【0021】また、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタを備えたものである。

【0022】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 本実施の形態1の電動パワーステアリング制御装置における構成を図1

に、その動作フローチャートを図2に示す。図1に於いて10は図示しないステアリング装置を駆動する電動モータ(以下単にモータという)である。1は図示しない運転者のハンドル操作によって生じる操舵トルクを検出して操舵トルク信号を出力する操舵トルク検出器(操舵トルク検出手段という)、2は操舵トルク信号に基づいて操舵補助トルク信号を演算する操舵トルク制御器、17は後述する路面反力トルク信号に基づいてハンドルを原点に復帰させる方向にモータ10のトルクを発生させるための戻しトルク補償器、5はモータ速度検出器、3はモータ速度信号を受けてそのダンピングを補償するダンピング補償器、4は慣性補償器、6はモータ加速度検出器(モータ加速度検出手段)、7はモータ電流決定器、9はモータ駆動器、11はモータ電流検出器(モータ電流検出手段)、12は第1の加算器、13は第2の加算器、14は車速検出器である。115Sは第2の路面反力トルク検出器(第2の路面反力トルク検出手段)であってその演算処理説明図を図3に示す。図2は従来のフローチャート図11と比べて、ステップS1306のみが異なっており、他は図11と同じである。S1306で $T'_{1, \dots, \dots}$ をローパスフィルタを通すことによって路面反力トルク信号 $T_{1, \dots, \dots}$ を演算する際のローパスフィルタが、図3に示すような第1の1次ローパスフィルタ100と第2の1次ローパスフィルタ101を直列接続したものとなっている。

【0023】第1の1次ローパスフィルタ100は式(6)に示すものであり、従来の説明のものと同様に、時定数 $T_1$ を、折点周波数 $f_c = 1 / (2\pi \cdot T_1)$ が0.05~1.0Hzの間になるように定めたものである。

\*波数 $f_c = 1 / (2\pi \cdot T_2)$ が1.0~3.0Hzの間になるように定めたものである。

果的に周波数に比例して慣性項の影響が大きくなってしまっていたが、本実施の形態では、1次フィルタを2段にすることにより、慣性項の影響は、式(8)のように周波数依存性がなくなる。

$$J \cdot f^2 / (T_1 \cdot f + 1) / (T_2 \cdot f + 1) \approx J / (T$$

、 $T_z$ ）…（8）このとき、従来の技術で導入されてきた1次のローパスフィルタは、摩擦項補償効果を狙っており、2段化することにより摩擦項補償効果がなくなってしまうことを避ける必要がある。

【0025】従って、1段目のフィルタ100の時定数は従来通り0.05～1Hzの間で定め、2段目のフィルタ101の時定数は、モータ慣性項の影響が大きくなり始める1.0～3.0Hzに設定することにより、摩擦補償効果と高周波での路面反力トルク推定誤差が大きくなることの防止を両立させることができる。なお、図3では1次フィルタが2段として説明したが、複数段あっても良いことは言うまでもない。以上のように、複数段の1次ローパスフィルタを直列接続したことによって、常に精度の良い路面反力検出を行うことができ、その結果、高周波操舵を行った際にも不自然にハンドル戻しトルクが大きく作用して、ハンドルが重くなったりすることのないパワーステアリング装置を提供することが可能となる。

【0026】実施の形態2。実施の形態2の電動パワーステアリング制御装置における構成図を図4に、フローチャートを図5に示す。図4に於いて215Sは実施の形態2の第4の路面反力トルク検出器（第4の路面反力トルク検出手段と言う）を示しており、図5のフローチャートは、従来の図のフローステップS306をS2306に変更したものである。第4の路面反力トルク検出器215Sの演算処理説明図を図6に示す。実施の形態2では、S2306において、 $T'_{\dots\dots}$ を図6に示すようにリミッタ104と1次ローパスフィルタ100を通して、路面反力トルク信号 $T_{\dots\dots}$ を演算する。

【0027】この際のリミッタ104は、モータ慣性項に伴う、路面反力トルク推定値（ $T_{\dots\dots}$ ）の推定誤差が周波数に比例して異常に大きくなってしまおうを防ぐために、ローパスフィルタ100に通す前の路面反力トルクの推定誤差（ $T'_{\dots\dots}$ ）に、リミッタをかけ所定範囲内に制限するものである。また、ローパスフィルタ100は、従来例の図12に示すものと同じ1次フィルタである。これ以外の動作は従来と同じである。

【0028】リミッタ104を通してから、1次ローパスフィルタ100を通すようにしたことにより、路面反力トルク推定値（ $T_{\dots\dots}$ ）が不用意に大きな値となることがなくなるので、大きな誤差の出ない路面反力検出を行うことができ、その結果、この路面反力推定値に基づくハンドル戻し制御を行ったとき、高い周波数成分を含む操舵を行った際にも、異常にハンドル戻しトルクが作用してハンドルが重くなったりすることのない電動パワーステアリング制御装置を提供することが可能となる。なお、本実施の形態2では、ローパスフィルタ100を従来と同じ1次フィルタとしたが、これに限るものではなく、実施の形態1と同様に複数のローパスフィルタを直列接続したものとし、さらに精度の良い路面反力

検出を行うようにしても良い。

【0029】実施の形態3。実施の形態3の電動パワーステアリング制御装置の構成を図7に、その動作フローチャートを図8に示す。図7に於いて、315Sは第1の路面反力トルク検出器（第1の路面反力トルク検出手段）である。また、図7には、図1のモータ加速度検出器6の出力側から第2の路面反力トルク検出器115Sへ送られていた信号が記載されていない。また、図8に於いて、図2のステップS302～S303がなく、S305がS1305に、S306がS1306に変わっている。第1の路面反力トルク検出器315Sの演算処理説明図を図9に示す。本実施の形態3では、S1305で定常反力信号 $T'_{\dots\dots}$ を演算する際に、図9に示すように操舵トルク信号 $T_{\dots\dots}$ とモータ電流信号 $I_{\dots\dots}$ のみを用いて、下記の式（5）により、定常反力信号 $T'_{\dots\dots}$ を得る。

$$T'_{\dots\dots} = T_{\dots\dots} + K_t \cdot I_{\dots\dots} \quad (5)$$

$K_t$ ：モータのトルク定数（ステアリング軸換算）

次に、S1306では、実施の形態1のS1306と同様に、第1のローパスフィルタ100と第2のローパスフィルタ101を直列接続したローパスフィルタに上記 $T'_{\dots\dots}$ を通し、路面反力トルク $T_{\dots\dots}$ を演算する。これ以外の動作は従来と同じである。

【0030】本実施の形態3においては、路面反力トルクの算出にモータの慣性項を考慮していないが、フィルタを2段化したので、モータの慣性項を無視した影響が大きく表れることはない。この場合、回路の構成が簡単になるのでより安価な電動パワーステアリング制御装置を提供することができるようになる。

【0031】なお、本実施の形態3では、実施の形態1のS1306同様に、直列接続した2つのローパスフィルタに上記 $T'_{\dots\dots}$ を通し、路面反力トルク $T_{\dots\dots}$ を演算したが、これに限るものではなく、実施の形態2のS2306と同様に $T'_{\dots\dots}$ をリミッタとローパスフィルタを通して、路面反力トルク信号 $T_{\dots\dots}$ を演算しても良い。このように構成した路面反力トルク検出器を第3の路面反力トルク検出器（第3の路面反力トルク検出手段）と呼ぶ。さらに、その際のローパスフィルタを複数のローパスフィルタを直列接続したものとし、さらに精度の良い路面反力検出を行うようにしても良い。

【0032】また、本実施の形態においては、モータの慣性項を考慮しなかったが、例えば、微小な電流しか流れないような操舵条件で、路面反力トルク検出値を利用したいような場合にはモータの慣性項と、電流項（ $K_t \cdot I_{\dots\dots}$ ）を考慮しないようにしてもよい。また、操舵トルクと電流が略比例するという条件が成立する電動機と機械系を備えた装置においては、電流項のみ考慮するものでも成立し得ることはいうまでもない。

【0033】

【発明の効果】以上に説明したように、この発明による電動パワーステアリング制御装置は、操舵トルク検出手段の出力とモータ電流検出手段の出力から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通すことによって路面反力トルク検出値を得る第1の路面反力トルク検出手段を備えているので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のないパワーステアリング制御装置とすることができる。

【0034】また、操舵トルク検出手段の出力とモータ電流検出手段の出力から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、加速度検出手段の出力から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通すことによって路面反力トルク検出値を得る第2の路面反力トルク検出手段を備えているので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のないパワーステアリング制御装置とすることができる。

【0035】また、操舵トルク検出手段の出力とモータ電流検出手段の出力から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタと、前記値を1次ローパスフィルタを通すことによって路面反力トルク検出値を得る路面反力トルク検出手段とを備えているので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のないパワーステアリング制御装置とすることができる。

【0036】また、複数の1次ローパスフィルタの内、少なくとも1つはその時定数が0.05Hz以上、1Hz以下であり、他の少なくとも1つはその時定数が1Hz以上、3Hz以下であるようにしたので、違和感の極めて少ないパワーステアリング装置とすることができる。

【0037】また、操舵トルク検出手段の出力とモータ電流検出手段の出力から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したローパスフィルタを通すことによって路面反力トルク検出値を得る第3の路面反力トルク検出手段と、操舵トルク検出手段の出力とモータ電流検出手段の出力から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタとを備えているので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のない電動パワーステアリング制御装置とすることができる。

【0038】また、操舵トルク検出手段の出力と、モータ電流検出手段の出力から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、回転角加速度検出手段の出力から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタと、前記値を1次ローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る第4の路面反力トルク検出手段とを備えているので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のない電動パワーステアリング制御装置とすることができる。

【0039】この発明の電動パワーステアリング制御装置の制御方法は、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、回転角加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値を1次ローパスフィルタを複数段直列接続したフィルタを通して路面反力トルク検出値を得ているので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のない電動パワーステアリング制御を行うことができる。

【0040】また、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値から、回転角加速度から演算されるステアリング軸換算のモータ慣性トルクを減算して得た値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限する制限手順と、前記値をローパスフィルタを通して路面反力トルク検出値を得る路面反力トルク検出手段とを含むので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のない電動パワーステアリング制御を行うことができる。

【0041】また、操舵トルクと、モータ電流から演算したステアリング軸換算のモータトルクとを加算した値があらかじめ定めた所定値を越えないように制限するリミッタを備えているので、高い周波数成分を含むハンドル操作を行ったときでも、異常に大きいハンドル戻しトルクが生じるということがなく、違和感のない電動パワーステアリング制御装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1の電動パワーステアリング制御装置の構成図である。

【図2】 図1の構成図中の路面反力トルク検出器の動作フローチャートである。

【図3】 図1の構成図中の路面反力トルク検出器の演算機能を示す説明図である。

【図4】 実施の形態2の電動パワーステアリング制御装置の構成図である。

【図5】 図4の路面反力トルク検出器の部分の動作フ



ローチャートである。

【図6】 図4の路面反力トルク検出器の演算機能を示す説明図である。

【図7】 実施の形態3の電動パワーステアリング制御装置の構成図である。

【図8】 図7の路面反力トルク検出器の部分の動作フローチャートである。

【図9】 図7の路面反力トルク検出器の演算機能を示す説明図である。

【図10】 従来の電動パワーステアリング制御装置の構成図である。

【図11】 図10の路面反力トルク検出器の部分の動作

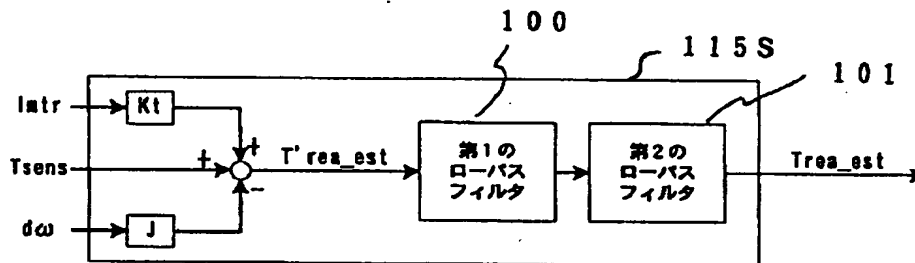
\*作フローチャートである。

【図12】 図10の路面反力トルク検出器の演算機能を示す説明図である。

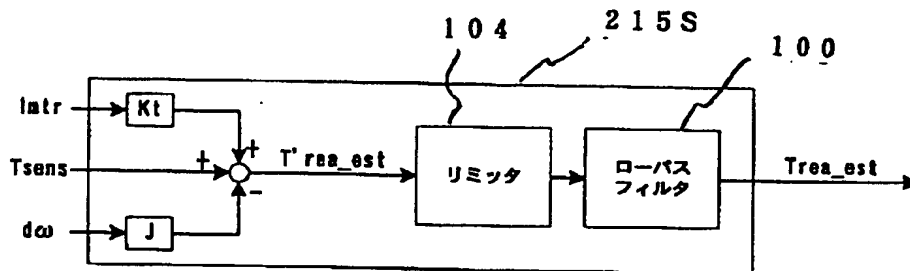
【符号の説明】

1 操舵トルク検出器（操舵トルク検出手段）、6 モータ加速度検出器（モータ加速度検出手段）、11 モータ電流検出器（モータ電流検出手段）、115S 第2の路面反力トルク検出器（第2の路面反力トルク検出手段）、315S 第1の路面反力トルク検出器（第1の路面反力トルク検出手段）、100 第1の1次ローパスフィルタ、101 第2の1次ローパスフィルタ、104 リミッタ。

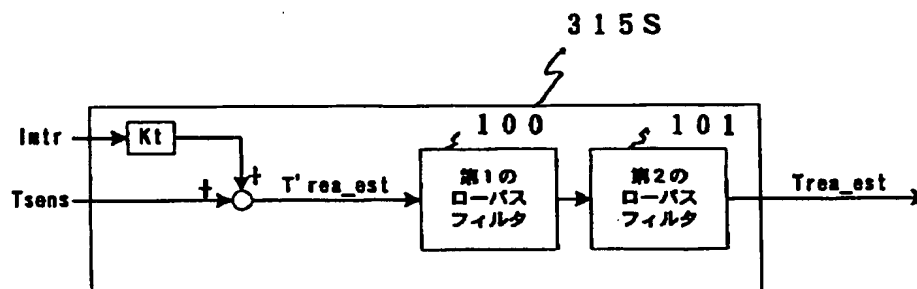
【図3】



【図6】

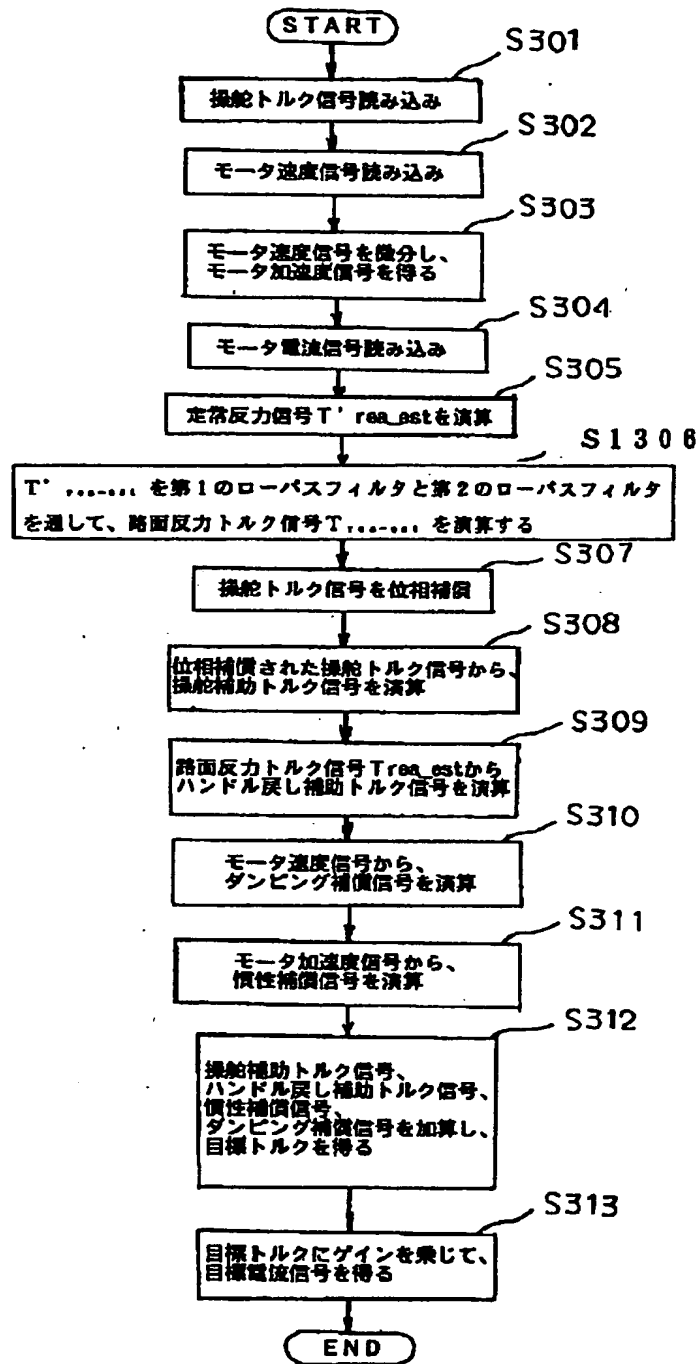


【図9】

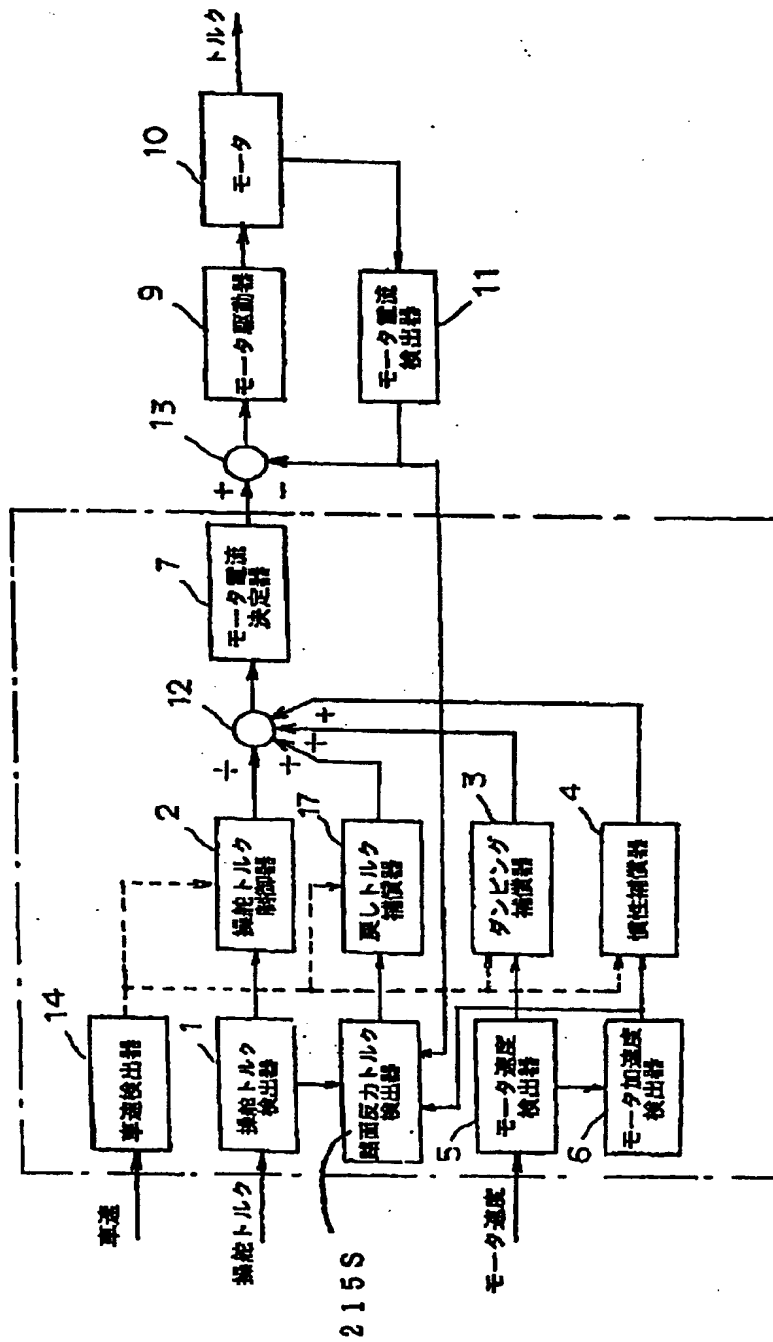


The diagram illustrates a control system for a vehicle, divided into two main sections by a dashed line. On the left, inputs include '車速' (Vehicle Speed) and '操舵トルク' (Steering Torque). The '車速' input goes to a '車速検出器' (Vehicle Speed Detector, 14). The '操舵トルク' input goes to a '操舵トルク検出器' (Steering Torque Detector, 1). The output of block 1 goes to a '操舵トルク制御器' (Steering Torque Controller, 2). The output of block 2 goes to a summing junction (12). The '操舵トルク' input also goes directly to block 12. The output of block 12 goes to a 'モータ電流決定器' (Motor Current Determiner, 7). The output of block 7 goes to another summing junction (13). The output of block 13 goes to a 'モータ駆動器' (Motor Driver, 9). The output of block 9 goes to a 'モータ' (Motor, 10). The output of block 10 goes to a 'トルク' (Torque) output. On the right, the 'モータ' output goes to a 'モータ検出器' (Motor Detector, 11). The output of block 11 goes to a summing junction (17). The output of block 17 goes to a '戻しトルク補償器' (Return Torque Compensator, 17). The output of block 17 also goes to a 'ダンピング補償器' (Damping Compensator, 3). The output of block 3 goes to a 'モータ速度検出器' (Motor Speed Detector, 5). The output of block 5 goes to a 'モータ速度' (Motor Speed) output. The output of block 5 also goes to a 'モータ加速度検出器' (Motor Acceleration Detector, 6). The output of block 6 goes to an '慣性補償器' (Inertia Compensator, 4). The output of block 4 goes to a '慣性補償器' (Inertia Compensator, 4). The output of block 4 also goes to a 'モータ速度' (Motor Speed) output. The output of block 4 also goes to a 'モータ加速度' (Motor Acceleration) output. The output of block 4 also goes to a 'モータ速度' (Motor Speed) output. The output of block 4 also goes to a 'モータ加速度' (Motor Acceleration) output. The output of block 4 also goes to a 'モータ速度' (Motor Speed) output. The output of block 4 also goes to a 'モータ加速度' (Motor Acceleration) output.

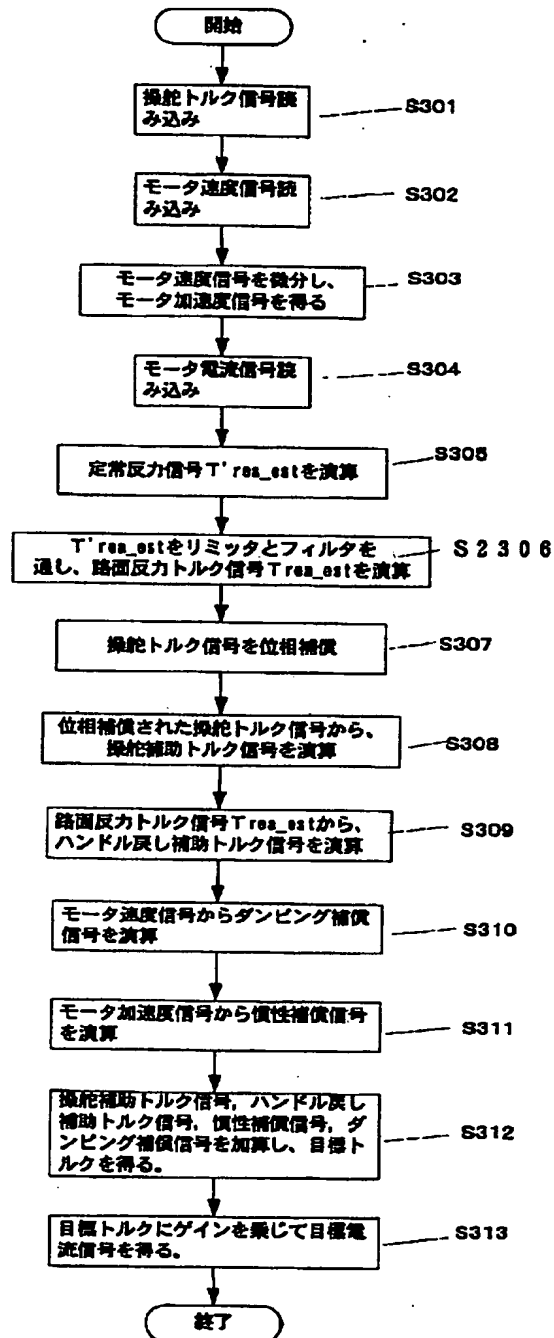
【図2】



【図4】

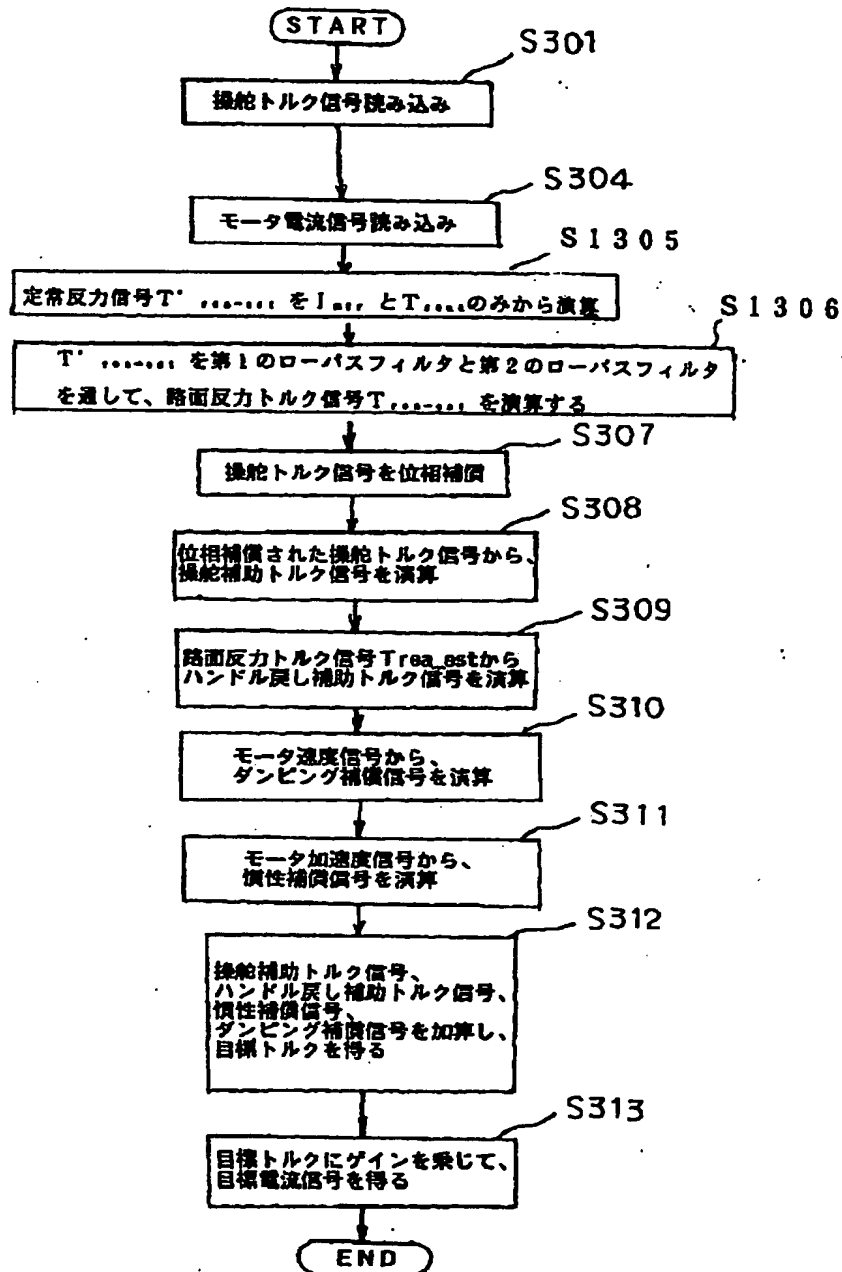


【図5】

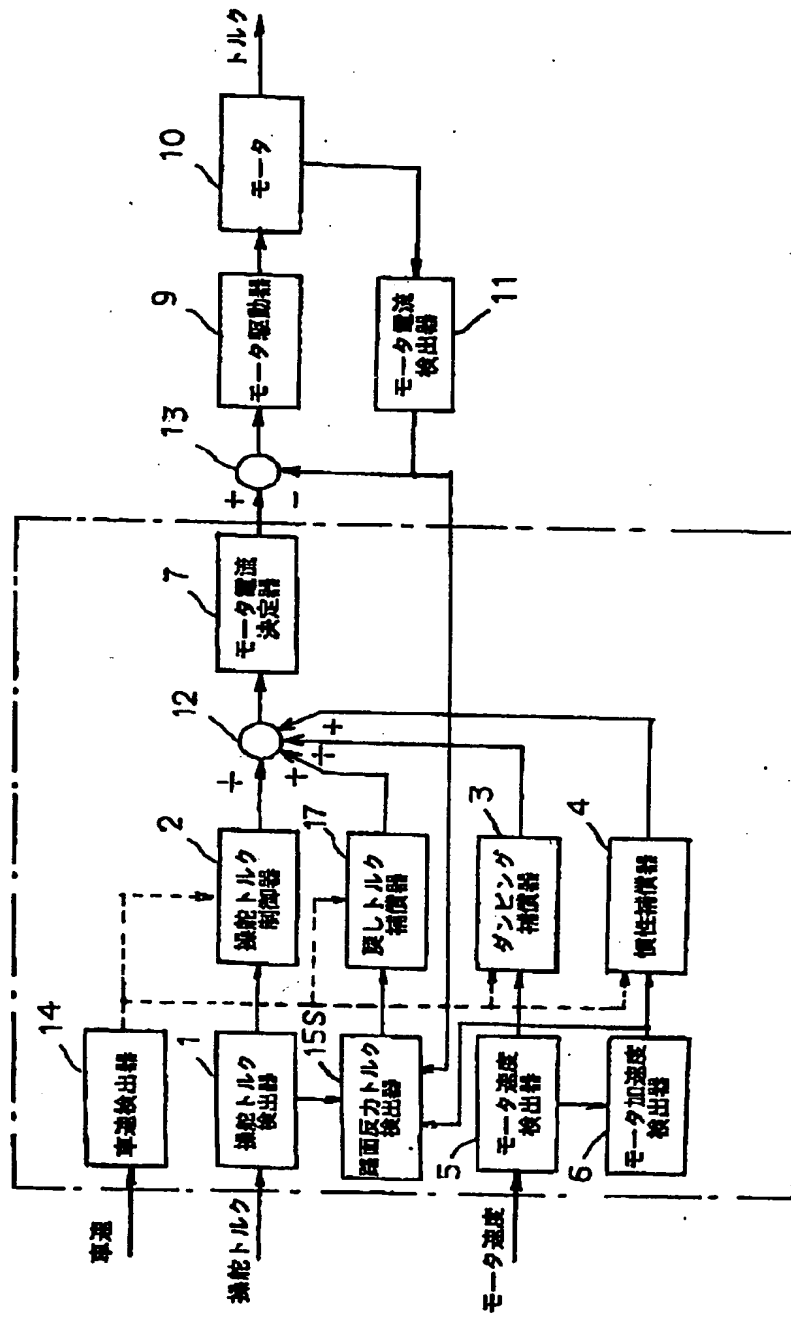


[illegible]

【図8】

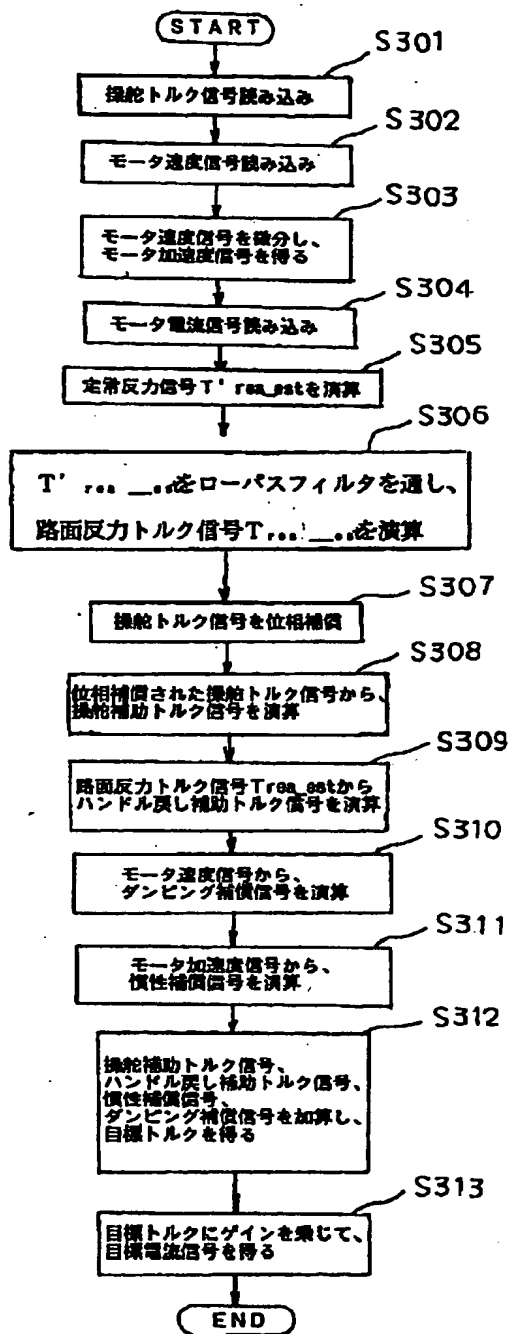


【図10】

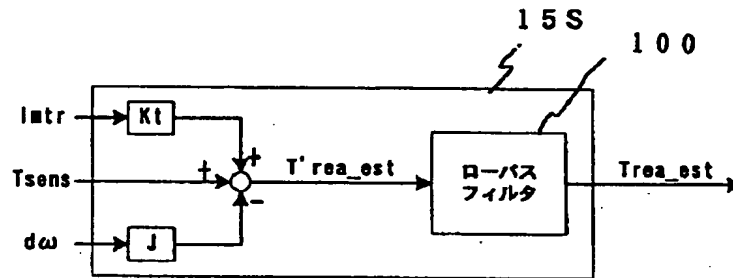




【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 6 2 D 119:00

識別記号

F I  
B 6 2 D 119:00

キーワード (参考)

(72)発明者 佐竹 敏英  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72)発明者 喜福 隆之  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72)発明者 和田 俊一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 3D032 CC08 DA15 DA23 DA63 DA64  
DA82 DD05 DD17 EA01 EB12  
EC23 EC29  
3D033 CA03 CA13 CA16 CA20 CA28  
5H550 AA16 BB10 DD01 EE03 GG03  
GG05 GG07 JJ26 LL22 LL32  
5H570 AA21 BB09 CC01 DD01 EE01  
GG01 JJ03 KK05 LL02 LL12